

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

地震波干渉法による構造変化の検出手法の開発

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-1) 地震発生先行過程

ア. 観測データによる先行現象の評価

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本計画では、地震波干渉法を応用して、地震波形連続記録の雑微動部分の自己相関関数 (ACF) の監視による地殻構造の時間変化の検出手法を確立し、大地震前後の地殻構造変化の有無の検出や、もしもそのような現象が存在する場合にはその原因を明らかにすることを目的とした研究を行う。

これまでの先行研究により、2 点間の雑微動の CCF はそれらの観測点間での擬似反射記録と解釈されることが示されており、これの応用で 1 点の雑微動の ACF は当該観測点直下の擬似反射記録であると解釈されることから 1 観測点の雑微動の ACF からその観測点下の構造が推定できるとされている。

そのため、本計画では、(1)ACF が地下構造のどのような情報を持っているかの検証と、(2)ACF に地震の前後で変化が認められる場合にはその原因を探る、ことの 2 点を目標とする。

(1) のためには、まず、すでに予備的な解析により、ACF の形状が時間的に安定していることが判明している微小地震定常観測点や、その中でも地震前後で ACF の形状が変化することが検出されている微小地震定常観測点を数点選び、周囲に高密度の臨時高感度地震観測アレイを設置して観測を行う。このデータを用い、雑微動部分の観測点間 CCF や各点の ACF を求めて比較考察することにより、ACF の持つ情報の評価を試みる。これにより、単独観測点の ACF により地殻構造を求める手法の有効性の評価を行う。その結果を援用して、(2) のテーマである、ACF が安定している点や地震に伴いそれが変化する観測点での地震波速度構造の推定法の検討とその評価、さらには構造の時間変動要因の特定等を試みる。後者に関しては、構造の時間変化は応力・歪状態の変化に起因することが先行研究により示唆されていることから、応力・歪等にかかわる別種の観測量から得られる指標との比較検討も併せて行う。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

7-1. 平成 21 年度：

・ ACF 形状が安定している定常微小地震観測点の抽出

京都大学や他機関で運用している微小地震観測網のデータを解析して ACF の形状が時間的に安定している観測点を抽出する。予備的な成果により、数点の観測点についてはそのような傾向が見られることが判明しているが、さらに例を増やす。

・ 過去のデータの再生と解析

いくつかの観測点を選び、過去 10 年程度に遡るデータの再生と解析を開始する。特に、ある程度以上の大きさの地震が発生した地域、時期を選んで解析を行う。なお、京大防災研に保管されているデータだけでは不十分な場合には、他機関に保管されているデータも借用して解析に資する。

- ・既存観測点近傍におけるアレイ地震観測とその解析

予備的な解析で ACF 形状が安定していることが判明している観測点の近傍に、地震計 4 台程度からなるアレイ観測網を設置し、半年程度のデータを取得する。得られたデータは順次解析し、観測点ごとの ACF のほか、観測点間の CCF など求め、解析結果の定量的な評価をすすめる。

7-2. 平成 22 年度～平成 24 年度：

- ・過去のデータの再生と解析

平成 21 年度までの解析に基づき選択した観測点の、過去 10 年程度またはそれ以上に遡るデータの再生と解析を継続する。

- ・既存観測点近傍におけるアレイ地震観測とその解析

平成 21 年度までの予備的な解析で ACF 形状が安定していることが判明している観測点を毎年 1 または 2 点選び、数ヶ月程度のアレイ観測と得られたデータの解析を進める。

7-3. 平成 25 年度

- ・過去のデータの解析の総括

それまでに解析したデータについて、地震発生前後の地殻構造変化の検出の有無、特に先行して発生する現象の有無などの総括を行う。

(7) 平成 22 年度成果の概要：

従来の計画では、雑微動の自己相関関数 (ACF) を使用して、その監視による地殻構造の時間変化の検出を目指すことを目標としているが、ACF には個別観測点のノイズ環境等の影響が大きく表れるため、本年度は、試みとして観測点間の相互相関関数 (CCF) の監視の可能性を探究した。雑微動部分の CCF を使う地殻構造の研究では、CCF に現れる Rayleigh 波の位相速度を用いるのが主流のひとつであるが、元来の地震波干渉法では、CCF は 2 点間の疑似反射記録であり、ここには実体波の反射波も含まれているはずである。地下の地震波反射面は、地震発生層との関連を指摘されていることから、この部分の監視を行うことは地震発生機構の解明に重要であり、これまでも能動的震源であるアクロス等を用いた時間変化の監視が試みられている。

既往研究によれば、近畿地方を中心とする西南日本地域には、モホ面を始めとして、いくつかの地殻内・地殻下反射面の存在が報告されている。ここでは、近畿地方を対象地域として、地動信号の雑微動部分の相関解析により、これらの反射面からの信号の検出を試みた結果を報告する。解析には、Hi-net、気象庁、大学等の短周期微小地震観測点の上下動成分連続記録データを用いた。データは 1 時間ごとのセグメントに分割し、Bensen et al. (2007) による前処理と、0.5Hz 1Hz のバンドパスフィルタをかけたのち、観測点間の相互相関関数 (CCF) を求めた。その後、各観測点ペアにつき、最低 15 カ月程度の相互相関関数をスタックして結果とした。

解析結果のうち、主として Hi-net のボアホール観測点と他の観測点間の CCF には、Rayleigh 波の基本モード以外の信号 (以下、X フェイズという) が認められる。近畿地方には 1000m を超える深さのボアホール観測点が 3 点あるが、これらの点と他の観測点の間の CCF には、Rayleigh 波の基本モード以外の、明瞭な信号が認められた。ここで、近畿地方で行われた物理探査実験の結果 (廣瀬・伊藤、2007) 等に基づく一次元構造を仮定し、モホ面およびいくつかの地殻内反射面からの反射波、さらには Rayleigh 波の理論走時と振幅の深さ分布を求めたところ、X フェイズの走時は、概してモホ面や地殻内反射面からの信号として解釈可能であることがわかった。特に、2000m 超の深度のボアホール観測点 (Hi-net の N.KNHH 観測点) と観測点間距離 100km 程度までの CCF には、明瞭な、モホ面からの反射信号と思われる信号が認められる。

本解析により、雑微動の相関解析により、地殻内反射面やモホ面からの反射信号の検出が可能であることが明らかとなった。これらの信号の時間変化の監視により、地震発生層の挙動を監視できる可

能性がある。ただし、今回は15ヶ月間のデータのスタックによる結果であるため、時間変化の監視のためには、時間分解能を向上させること等が今後の課題となる。

(8) 平成22年度の成果に関連の深いもので、平成22年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

Ohmi, S., Detecting subsurface reflectors in southwestern Japan using ambient seismic noise, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-8179, EGU General Assembly 2010, May 2010, Wien.

大見士朗・平原和朗、雑微動の相互相関関数による 西南日本の地殻下反射面の検出、日本地震学会 2010 年秋季大会、2010 年 10 月、広島市。

Ohmi, S. and Hirahara, K., Detecting Subsurface Reflectors in the Shikoku District, Southwestern Japan, Using Ambient Seismic Noise, Abstract S33A-2061 presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, CA., 13-17 Dec., 2010.

(9) 平成23年度実施計画の概要 :

平成22年度に引き続き、雑微動の ACF や CCF を用いた、弾性波速度、減衰、異方性、反射波信号等の時間変化の検出を試みる。特に、CCF による反射波信号の検出に関しては、平成22年度に予想外の好結果を得たため、引き続き、(1) 時間変化検出のための、時間分解能の評価、(2) モホ面より深部の反射面、たとえばフィリピン海プレート上面などからの反射信号の検出と同定、などを試みてゆく。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

大見士朗、加藤護、平原和朗、3人

他機関との共同研究の有無 : 無

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 京都大学防災研究所地震防災研究部門

電話 : 0774-38-4236

e-mail : ohmi@eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp

URL :